

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

佳作

080309

圍籬邊的食物鏈（雞屎藤→天蛾→寄生蜂）

學校名稱：臺北市士林區士林國民小學

作者： 小六 吳銓祐 小六 曾渝峯	指導老師： 巫青玟 柯孟昌
-------------------------	---------------------

關鍵詞：雞屎藤、天蛾、寄生蜂

摘要

我們在校園圍籬邊發現雞屎藤、天蛾、寄生蜂間形成的特殊食物鏈關係，於是分別透過校園調查與飼養觀察進行深入的探討。

調查發現本校共有5種取食雞屎藤的天蛾。日照越充足，雞屎藤越多，天蛾數量也多。天蛾各階段都有專一的寄生性天敵，包括：卵寄生、幼蟲寄生與蛹寄生，統計被寄生比率約為 9.48%，且天蛾數量越多，寄生蜂也越多。

飼養觀察結果發現：天蛾的蛹期 ÷ 生活史 \approx 1/2。氣溫、日照時間是影響天蛾的發育速度的最主要原因。天蛾化蛹時僅在土表面形成凹巢，沒有鑽入土中，此結果可修正圖鑑所述。

校園的圍籬邊雞屎藤→天蛾→寄生蜂的食物鏈關係終年不斷循環著，而校園工程與人為的修剪成為改變這個平衡關係的重要因素。

壹、研究動機

下課的時候，我們看到一隻蜂鳥快速振翅的在校園飛來飛去，好奇的我們就追著蜂鳥跑，後來發現牠停在七里香的圍籬上，還伸出長長的口器吸食雞屎藤的花蜜，才發現原來不是蜂鳥啊!那是甚麼昆蟲呢?這麼會飛!再仔細找找，雞屎藤攀爬在圍籬上的數量還不少，而且上面居然有蟲卵和翹著尾巴的小蟲呢!我們正納悶著是誰會喜歡吃這種有臭味的雞屎藤葉呢?為了揭開謎底，於是展開了這次的研究。

貳、研究目的

一、調查校園圍籬邊的**食物鏈**（雞屎藤→天蛾→寄生蜂）。

二、認識校園中的**雞屎藤**及其生長情形。

- (一) 認識校園中的雞屎藤種類。
- (二) 校園中的雞屎藤外型介紹。
- (三) 分析照度與雞屎藤生長的關係。

三、認識校園中以雞屎藤為食草的**天蛾**。

- (一) 認識以雞屎藤為食草的天蛾種類。
- (二) 認識以雞屎藤為食草的天蛾的生活史
- (三) 了解天蛾幼蟲野外終齡幼蟲築巢的情形。
- (四) 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中的分布情形。
- (五) 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中不同季節的分布情形。
- (六) 探討以雞屎藤為食草的天蛾，影響其發育速度(生活史長短)的原因。
 - 1. 探討以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與**溫度**的關係。
 - 2. 探討以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與**降水日數**的關係。
 - 3. 探討以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與**雨量**的關係。
 - 4. 探討以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與**相對濕度**的關係。
 - 5. 探討以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與的**日照時數**關係。

四、探討以雞屎藤天蛾的**寄生性天敵**。

五、探討**雞屎藤**、**雞屎藤天蛾**與其**寄生性天敵**之關係，以及人為因素造成的影響。

參、文獻探討

一、 雞屎藤

雞屎藤為多年生草質藤本，屬陽性植物，生性強健，喜溫暖多濕的環境，耐旱，全株具臭尿味；莖纖細，平滑，纏繞性。單葉，對生，具葉柄；葉片披針形或卵形。雞屎藤分佈之普遍令人咋舌，菜園籬笆、平野、林緣，甚至海岸附近都找得到。全草有如雞屎之特異氣味，故名雞屎藤。花期夏、秋季。

二、 天蛾科

俗稱天蛾，生活史為卵→幼蟲→蛹→成蟲，屬於完全變態昆蟲。體態粗壯流線形或紡錘形，觸角略粗，絲狀、鋸齒狀或棍棒狀，末端形成一個小鉤狀。前、後翅形呈三角形，後翅較短。天蛾振翅速度極快，翅膀一秒鐘可振動 25 到 30 次，成蟲大多是夜行性僅有少數白天出現。全世界有 1000 種，台灣已知 87 種。

三、 都會區常見以雞屎藤為食草的天蛾

(一) 三角凹緣天蛾

天蛾類凹緣天蛾屬。本屬前翅內緣明顯凹入，是臺灣天蛾中體型最小的一屬。本種成蟲深褐色，下翅黃斑三角型。幼蟲綠、黃、黑三型，有暈染狀的焦紋，尾突很長且隨幼蟲走動前後擺動。

(二) 凹緣天蛾

成蟲黑褐色，下翅黃斑圓弧型，腹部斑點四點。幼蟲從三~五齡花色多變，終齡蟲大多黑色有斑型，也有焦型及素色型，尾突粗，彎曲上揚。

(三) 膝帶長喙天蛾

常在傍晚訪花，曾被誤認為「蜂鳥」。本種成蟲黑褐色帶呈「膝狀」。幼蟲綠、黑褐兩型，背部環節線黃色。

(四) 平帶長喙天蛾

前翅黑褐色，翅面有 4-5 條寬窄不等的橫帶，黑褐色至淡灰褐色，各帶近平行，故名「平帶」。幼蟲綠、褐、黑三型，且有白斑、微斑、無斑型，花色斑紋多變，尾突彎曲上揚。

(五) 黃斑長喙天蛾

翅面灰褐色至褐色，腹背近端部有 2 條黑褐色的橫帶平直或微突，是北部市區較常見的長喙天蛾，外觀近似膝帶長喙天蛾。幼蟲綠、褐兩型，側面有斜紋。

四、 寄生蜂

寄生蜂，指膜翅目細腰亞目中金小蜂科、姬蜂科、小繭科等靠寄生生活的多種昆蟲。它們的寄生方式很多，被寄生對象從卵到成蟲的各個階段，都可能被寄生。它們有 2 對薄而透明的翅膀。寄生蜂有許多種類是屬於益蟲，尤其在農業方面上更是功不可沒。例如有某些寄生蜂是專門除去椿象、蝗蟲等害蟲。

肆、研究設備與器材

一、實驗設備、材料：

- | | |
|----------------|------|
| 1. 飼養箱 | 數個 |
| 2. 飼養盒 | 50 個 |
| 3. 剪刀 | 1 個 |
| 4. 水瓶 | 適量 |
| 5. 相機 | 1 個 |
| 6. 標籤紙 | 適量 |
| 7. 觀察紀錄表 | 適量 |
| 8. 照度計 | 1 座 |
| 9. 雞屎藤葉片 | 適量 |
| 10. 雞屎藤上的天蛾幼蟲和 | 適量 |

伍、研究過程與方法

一、 調查校園圍籬邊的**食物鏈**（雞屎藤→天蛾→寄生蜂）。

- (一) 將校園分為東、西、南、北、中五個區塊，調查並記錄這五個區塊的圍籬上是否有除了圍籬植物以外的生物。
- (二) 找出圍籬植物以外的生物彼此間的關係。

二、 認識校園中的**雞屎藤**及其生長情形。

- (一) 查詢雞屎藤資料，比對校園中的雞屎藤以確定雞屎藤種類。
- (二) 仔細觀察校園中雞屎藤的外型特徵，並記錄下來。
- (三) 使用照度計測量校園五個區塊的照度，分析雞屎藤生長數量與照度的關係。

三、 認識校園中以雞屎藤為食草的**天蛾**。

(一) 認識以雞屎藤為食草的天蛾種類。

1. 準備昆蟲盒、飼養箱，及剪刀，到校園區塊的雞屎藤生長處，找出天蛾幼蟲和卵，小心採集至飼養箱中，帶回飼養。
2. 定期給於雞屎藤的葉片，並清理糞便，觀察並記錄其生長情形。
3. 上網及查閱書籍、詢問專家，確認校園中以雞屎藤為食草的天蛾種類。

(二) 認識以雞屎藤為食草的天蛾的生活史。

1. 把在校園中雞屎藤上採集到的卵和幼蟲單隻放置於飼養盒內飼養。
2. 定期給於雞屎藤的葉片，並清理糞便，觀察並記錄這些卵孵化之後完整的生活史。

(三) 虛擬野外終齡幼蟲築巢的情形。

1. 以黑紙包覆在透明飼養盒外（代表野外有土及土中的環境），僅露出盒上半部分。
2. 在飼養盒中飼養天蛾幼蟲（採樣 10 隻），在化蛹後揭開黑紙觀察蟲蛹的位置。

(四) 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中的分布情形。

1. 利用下課及午休時間，分別在校園東、西、南、北、中五個區塊進行搜索，記錄並採集天蛾幼蟲和卵之種類，分析所得到的數據。

(五) 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中不同季節的分布情形。

1. 將校園區塊採集的天蛾幼蟲和卵之種類記錄下來並飼養至成蟲再野放於校園中。
2. 持續採集一整年，並進行記錄分析。

(六) 探討以雞屎藤為食草的天蛾，影響其發育速度(生活史長短)的原因。

1. 將校園區塊所採集的天蛾幼蟲和卵之種類記錄下來並飼養至成蟲再放於校園中。
2. 上中央氣象局網站下載研究期間的天氣統計表，分析影響取樣天蛾生活史長短的原因。
(溫度、降水日數、雨量、相對濕度、日照時數)

四、 探討以雞屎藤天蛾的寄生性天敵。

- (一) 把在校園中雞屎藤上採集到的卵和幼蟲單隻放置於飼養盒內飼養。
- (二) 觀察並記錄其在生長的過程中，是否有被寄生的情形。
- (三) 調查以雞屎藤為食草的天蛾為寄主的寄生性昆蟲。

五、 探討雞屎藤、雞屎藤天蛾與其寄生性天敵之關係，以及人為因素造成的影響。

- (一) 在校園各區塊畫出一平方公尺的樣區，計算樣區內雞屎藤的數量。
- (二) 利用照度計測量各樣區陽光照度。
- (三) 分析陽光照度與雞屎藤數量及天蛾幼蟲發現數量、天蛾寄生性天敵的關係。

陸、研究結果

一、 調查校園圍籬邊的食物鏈（雞屎藤→天蛾→寄生蜂）。

- (一)我們發現學校的圍籬有許多雞屎藤攀附在上面；在雞屎藤的葉子上發現了許多有尾突的幼蟲，這些幼蟲正吃著雞屎藤的葉子；在雞屎藤的花上看到了天蛾的成蟲在吸花蜜；有一次還看到微小的寄生蜂在天蛾幼蟲身上遊蕩。
- (二)藉由觀察雞屎藤的生長情形，我們發現了：通常用來造景、區隔空間的圍籬，竟默默的牽起一條條食物鏈的進行。雞屎藤提供天蛾幼蟲食物，是最基層的生產者；天蛾幼蟲吃雞屎藤葉片、成蟲吸食雞屎藤花蜜，是一級消費者；在天蛾幼蟲附近遊蕩的寄生蜂將卵產在幼蟲體內，依賴幼蟲體液為生，是二級消費者。

二、 認識校園中的雞屎藤及其生長情形。

(一)經由查詢雞屎藤資料，我們知道雞屎藤在分類上屬於茜草科雞屎藤屬的植物，這類植物有雞屎藤、毛雞屎藤，經過比對校園中的雞屎藤我們確定本校雞屎藤種類皆為雞屎藤。

(二) 經過仔細觀察校園中雞屎藤後，雞屎藤的外型特徵如下：

莖	葉	花	果實	特性
多年生常綠藤本，纏繞性	單葉對生、披針形或卵形	長筒狀，外白內粉紫，有絨毛	果實為球形，種子 2 枚	屬陽性植物，全株具臭屎味
				

(三) 使用照度計測量校園五個區塊的照度，分析雞屎藤生長數量與照度的關係，我們發現：光照強的圍籬上，雞屎藤數量較多。

校園區塊	照度(千流明)	雞屎藤 (棵)
南	14.77	3
東	16.25	6
中	25.45	16
西	29.5	29
北	31.95	26

三、認識校園中以雞屎藤為食草的天蛾。

(一) 認識以雞屎藤為食草的天蛾種類。

目前在臺灣已知以雞屎藤為寄主植物的天蛾有9種，經一年四個月的調查、飼養紀錄，將飼養出來的成蟲對照圖鑑後得知，本校校園取食雞屎藤的天蛾則有2種凹緣天蛾屬與3種長喙天蛾屬天蛾，共5種天蛾。（如表1）

表 1：校園中以雞屎藤為寄主植物的天蛾種類

屬 名	種 名
凹緣天蛾屬	凹緣天蛾 <i>Neogurelca hyas</i> (Walker, 1856)
	三角凹緣天蛾 <i>Neogurelca himachala sangaica</i> (Butler, 1876)
長喙天蛾屬	黃斑長喙天蛾 <i>Macroglossum pyrhosticta</i> (Butler, 1875)
	膝帶長喙天蛾 <i>Macroglossum sitiene</i> (Walker, 1856)
	平帶長喙天蛾 <i>Macroglossum corythus luteata</i> (Butler, 1875)

(二) 認識以雞屎藤為食草的天蛾的生活史。

天蛾在分類上屬於鱗翅目昆蟲，其生活史屬完全變態：經由卵→幼蟲→蛹→成蟲四個生長階段。本次在校園中採集的五種天蛾幼蟲及卵，由飼養記錄情形，整理如表 2：

圖 1：校園中以雞屎藤為寄主植物的天蛾之生活史記錄/膝帶長喙天蛾










蟲名	卵	幼蟲	蛹	成蟲	生長期 卵→成蟲
膝帶長喙天蛾		 綠色型			約 45 天
		 褐色型			
		 墨綠色型			
		 橘紅色 米色型			
					夏： 約 25 天 冬： 約 72 天

圖 2：校園中以雞屎藤為寄主植物的天蛾之生活史記錄/黃斑長喙天蛾






蟲名	卵	幼蟲	蛹	成蟲	生長期 卵→成蟲
黃斑長喙天蛾		  	 		大約 41 天

圖 3：校園中以雞屎藤為寄主植物的天蛾之生活史記錄/平帶長喙天蛾

蟲名	卵	幼蟲	蛹	成蟲	生長期 卵→成蟲
平帶長喙天蛾		 			約 42 天

圖 4：校園中以雞屎藤為寄主植物的天蛾之生活史記錄/凹緣天蛾

蟲名	卵	幼蟲	蛹	成蟲	生長期 卵→成蟲
凹緣天蛾	尚無		 <p>花紋較多，胸部背板中央 4 黑點</p>  <p>化蛹時，會取週邊葉片、糞便、枝條等將自己隱蔽起來</p>		約 32 天

圖 5：校園中以雞屎藤為寄主植物的天蛾之生活史記錄/三角凹緣天蛾

蟲名	卵	幼蟲	蛹	成蟲	生長期 卵→成蟲
三角凹緣天蛾	尚無				約 29 天

由圖 1、圖 2、圖 3、圖 4、圖 5 記錄中，可以發現：

(一) 卵：

1. 多產在雞屎藤葉背，約1~2mm，卵多為米白色、淺綠色。
2. 卵孵化前可看到紅褐色斑點，卵大約1~5天孵化，最長記錄為11天才孵化。

(二) 幼蟲：

1. 幼蟲在不同階段，都有可能呈現不同體色，但是最常在終齡時發生體色變化。
2. 從飼養記錄中，可以發現體色的改變從大部分為綠色系，轉變為灰黑色、墨綠色、紅褐色、皮膚色等近似地面的顏色。

(三) 蛹

1. 人工飼養前蛹期時間偏長，從飼養紀錄中發現多數得花3~7天，才成功化蛹。
2. 化蛹時先出水進入前蛹期，此過程多呈現潮溼、蟲體逐漸縮小的狀態，建議飼養時，可鋪上衛生紙幫助解決出水情形。
3. 化蛹時，以其糞便、雞屎藤葉、吐少量絲座布置蛹室；從飼養盒上方看不出有蛹的存在，有很好的隱蔽性。蛹的顏色變深時，就表示快要羽化了。

(三) 虛擬野外終齡幼蟲築巢的情形。

經飼養發現：天蛾的蛹從上方看，有很好的隱蔽性。但不知在蛹下方是什麼情形，因此，
虛擬野外終齡幼蟲築巢的情形，結果如圖 6：

圖 6：虛擬野外終齡幼蟲築巢的情形

虛擬環境說明	虛擬環境圖片
<p>模擬野外環境：</p> <p>左：黑紙包覆在透明飼養盒外，代表野外有土以及土中的環境（2015/4/17）</p> <p>右：拿開黑紙的實際飼養情形</p>	

<p>天蛾幼蟲前蛹情形：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 蛹的上方有葉片、糞便、枝條以及蟲絲覆蓋。 2. 終齡幼蟲並未“鑽入”土中築巢，而是形成一個凹巢。 此處與圖鑑上所寫不符。 		
---	---	--

(四) 成蟲

1. 這些天蛾的蛹多在半夜到清晨羽化成蛾，羽化時會排出大量體液。
2. 羽化後晾翅時間長，野放後，長發現到傍晚才見天蛾成蟲飛走。

(五) 生活史

1. 我們在這此次研究中所飼養的黃斑長喙天蛾生長期約為41天（明小約47天），膝帶長喙天蛾生長期夏季約為25天左右，冬季飼養的膝帶長喙天蛾生長期約為72天。
2. 以本研究所飼養的雞屎藤天蛾的生長期長短來看，與第50屆全國科展臺北市內湖區明湖國民小學以「蛾」傳「蛾」的資料相比對，**蛹期不盡相同**。從生長期的長短分析，我們認為：天蛾生活史的長短因地而異，而各地的環境不同（如，溫度、濕度等），可能都是造成生長期有差異的原因。因此，後續有進行「**研究目的**」三（六）的資料分析。

(四) 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中的分布情形。

我們先將本校校園分為東、西、南、北、中五個區塊，然後利用下課及午休時間，分別在這五個區塊進行搜索，記錄並採集找到的天蛾幼蟲和卵之種類。

表 2：天蛾種類校園調查（食草：雞屎藤）

校園區塊	採集地點	數量	種類	數量
東	活動中心前、車棚旁	31	平帶長喙天蛾	6
			膝帶長喙天蛾	16
			黃斑長喙天蛾	9
			凹緣天蛾	0
			三角凹緣天蛾	0
西	西棟前後	57	平帶長喙天蛾	0
			膝帶長喙天蛾	35
			黃斑長喙天蛾	18
			凹緣天蛾	4
			三角凹緣天蛾	0
南	南棟前後	16	平帶長喙天蛾	0
			膝帶長喙天蛾	7
			黃斑長喙天蛾	7
			凹緣天蛾	2
			三角凹緣天蛾	0
北	北棟前後	63	平帶長喙天蛾	4
			膝帶長喙天蛾	42
			黃斑長喙天蛾	8
			凹緣天蛾	6
			三角凹緣天蛾	3
中	司令台兩側	28	平帶長喙天蛾	3
			膝帶長喙天蛾	16
			黃斑長喙天蛾	9
			凹緣天蛾	0
			三角凹緣天蛾	0
總 數		195	平帶長喙天蛾	13
			膝帶長喙天蛾	116
			黃斑長喙天蛾	51
			凹緣天蛾	12
			三角凹緣天蛾	3

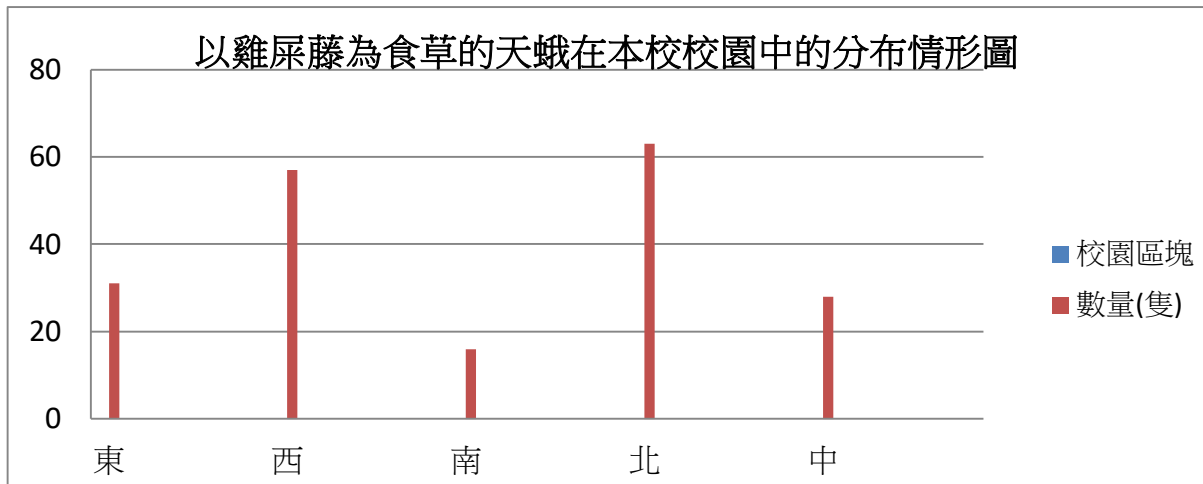


圖 7：以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中的分布情形圖

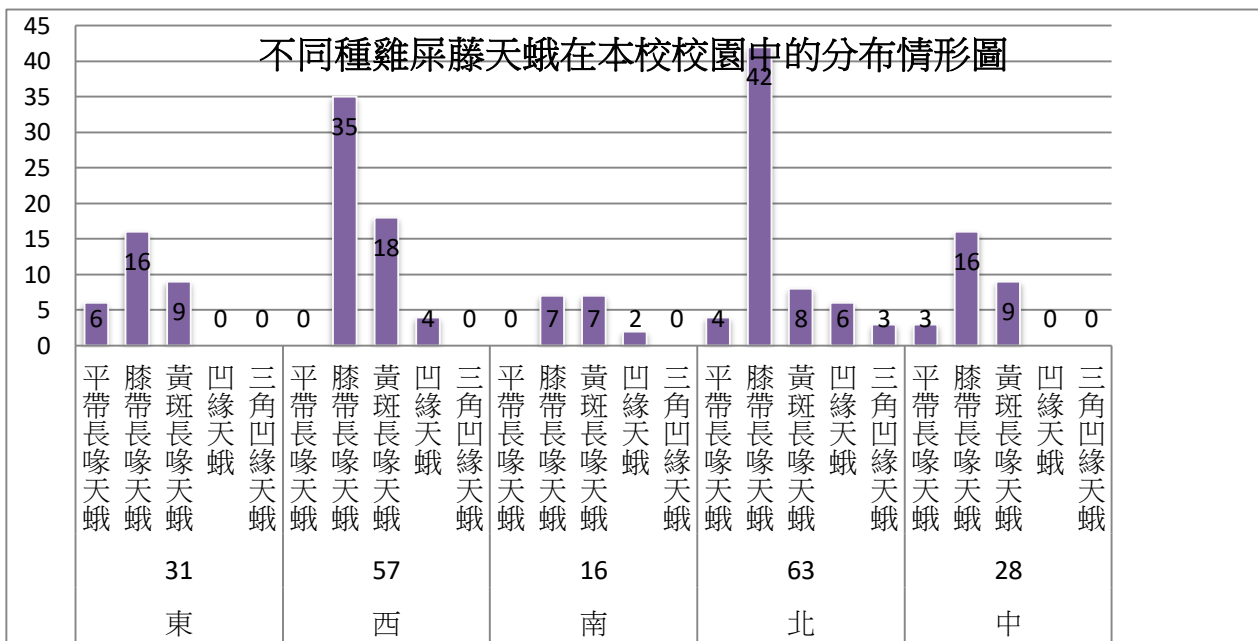


圖 8：不同種雞屎藤天蛾在本校校園中的分布情形圖

經由調查（調查日期由 103 年 10 月到 105 年 2 月底，共 16 個月的時間）以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中的分布情形得知：

- (一) 西區的東面、北區的南面採集到的天蛾幼蟲數量最多。這兩區的日照量最充足，雞屎藤的分布也最多，依賴雞屎藤葉片生活的天蛾幼蟲也採集到最多；可見雞屎藤的分布情形主宰了天蛾幼蟲及卵的生存。
- (二) 雞屎藤屬於典型的陽性植物，在本校校園的五個區塊分布中，多數分布在各棟大樓的向陽面。因此，也間接控制了天蛾幼蟲及卵的分布。

(三) 在調查的 16 個月期間，總共取得 195 隻天蛾幼蟲和卵。本校的天蛾以**膝帶長喙天蛾**的 116 隻數量最多，其次為**黃斑長喙天蛾** 51 隻，出現最少的則為**凹緣天蛾** 12 隻以及**三角凹緣天蛾** 3 隻。

(四) 將校園調查結果繪出天蛾幼蟲分布示意圖，如下圖：

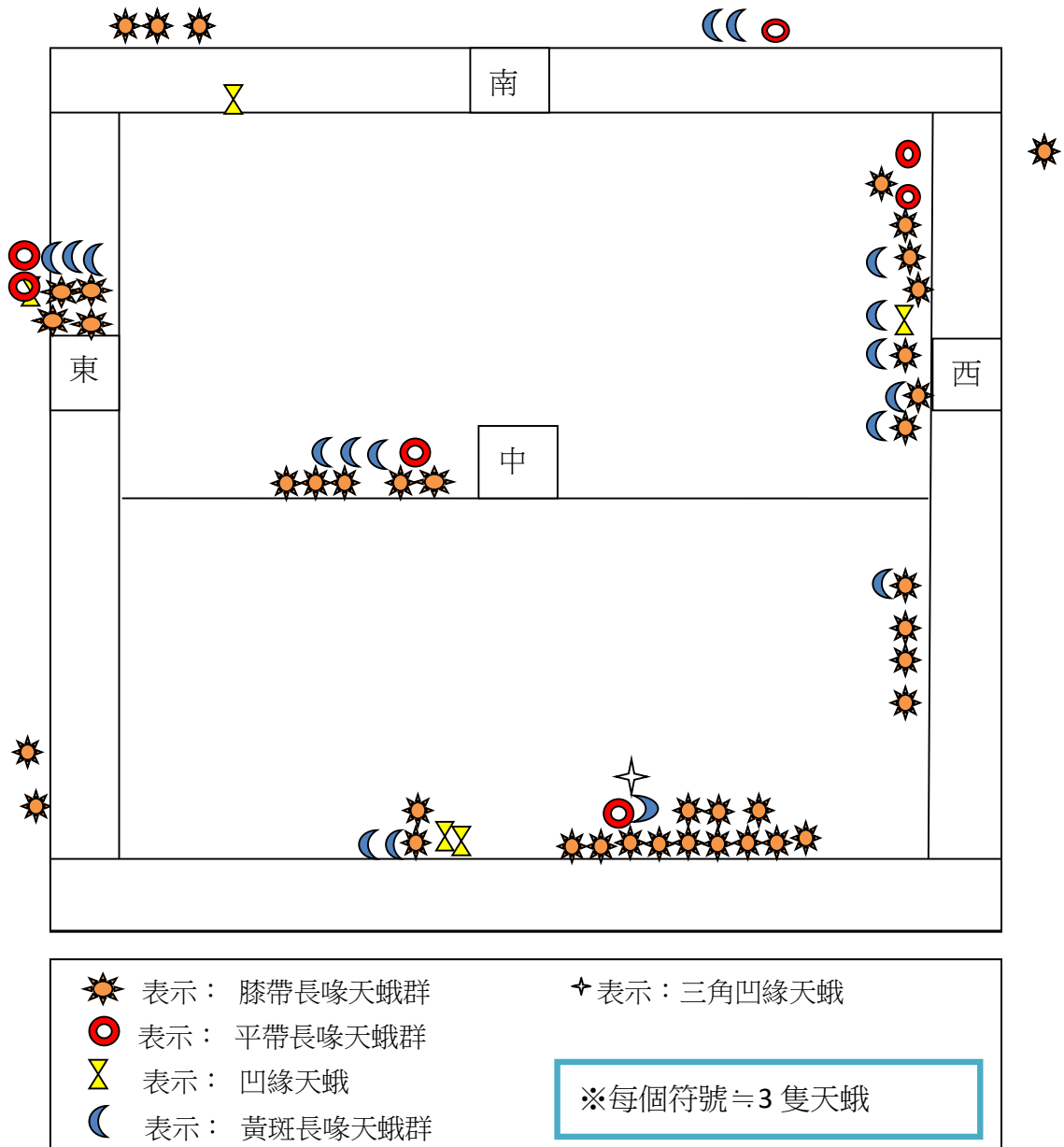


圖 9：本校校園天蛾幼蟲分布示意圖

(五) 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中不同季節的分布情形。

表 3： 調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中不同季節的分布情形

種類 \ 季節 (月)	春 (3~5)	夏 (6~8)	秋 (9~11)	冬 (12~2)	Total
黃斑長喙天蛾	43	4	0	4	51
膝帶長喙天蛾	29	9	11	67	116
平帶長喙天蛾	12	1	0	0	13
凹緣天蛾	8	1	3	0	12
三角凹緣天蛾	0	2	1	0	3
總數	92	17	15	71	195

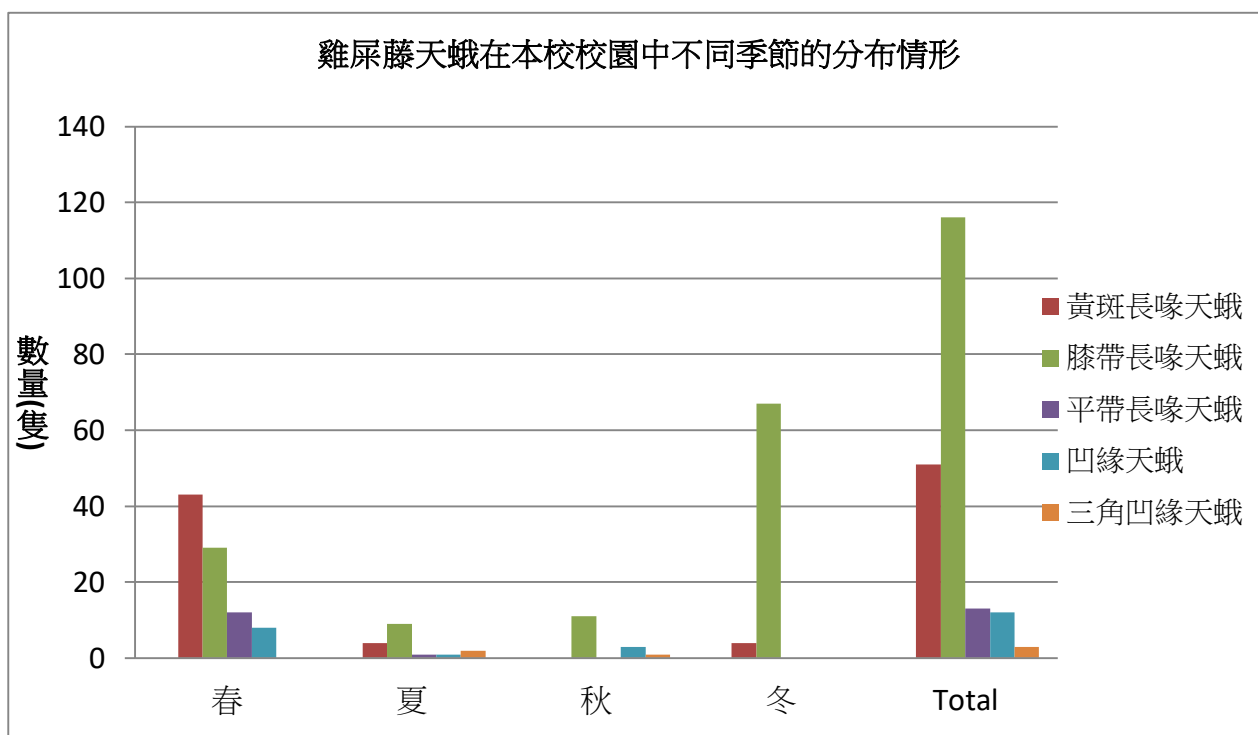


圖 10：雞屎藤天蛾在本校校園中不同季節分布圖

由上面圖表可以知道：

1. 總數：膝帶長喙天蛾數量最多，三角凹緣天蛾最少。
2. 膝帶長喙天蛾季節分布：全年可見，但春、冬季較多，夏、秋季較少。
3. 黃斑長喙天蛾和平帶長喙天蛾月份分布：進入春季後才比較容易看到。
4. 凹緣天蛾屬的天蛾發現數量較少。

(六) 探討以雞屎藤為食草的天蛾，影響其發育速度(生活史長短)的原因。

由於採集、飼養天蛾時，包括了卵與幼蟲，再加上飼養過程並未每隻幼蟲都成功羽化，因此取樣時以調查出現數量最多、記錄最完整的膝帶長喙天蛾為例。蛹期長，代表發育速度慢；蛹期短，代表發育速度快。如表 5 及圖 11 可知：

1. 膝帶長喙天蛾 7.8 月蛹期最短，發育速度最快；1.2 月蛹期最長，發育速度最慢。
2. 膝帶長喙天蛾： $\text{蛹期} \div \text{生活史} \approx 1/2$

表 4：膝帶長喙天蛾平均蛹期與生活史

時間	1.2 月	3.4 月	5.6 月	7.8 月	9.10 月	11.12 月
平均蛹期 (天)	40.4	22.8	15.5	12.3	15	30
平均生活史 (天)	74.6	39.2	31.3	23	31.5	62
蛹期/生活史 \approx	0.54	0.58	0.50	0.53	0.48	0.48

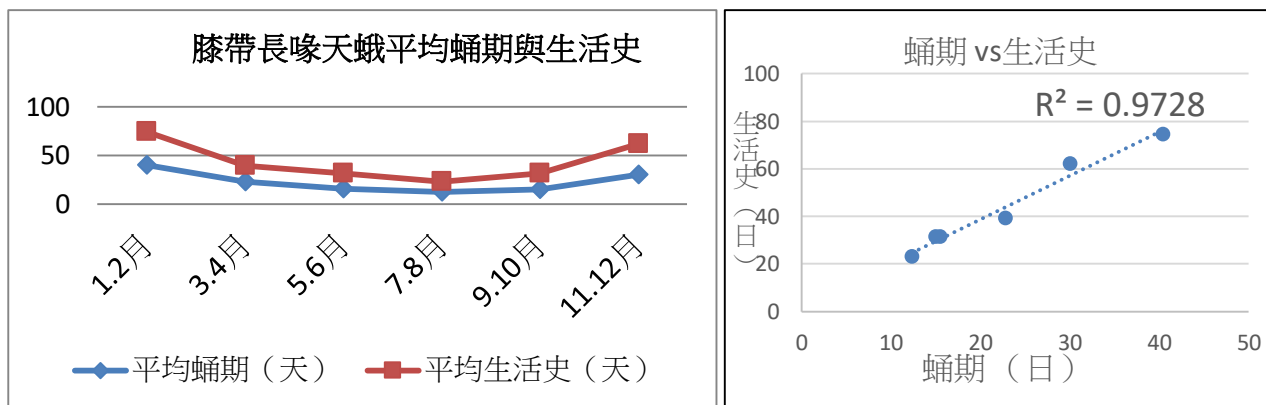


圖 11：(A) 膝帶長喙天蛾平均蛹期與生活史 (B) 相關係數分析：蛹期與生活史呈顯著正比

我們下載本研究期間中央氣象局網站所公布的氣象資料，配合所調查之膝帶長喙天蛾的蛹期與生活史，整理如下表 5。

表 5：以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與氣候的關係

201409~201602 雞屎藤天蛾的發育時間與臺北地區氣候統計表							
時間	蛹期 (天)	生活史 (天)	溫度 (°C)	雨量 (毫米)	相對溼度 (%)	降水日數 (天)	日照時數 (時)
1,2 月	40.4	74.6	16.8	173	75	11.7	53
3,4 月	22.8	39.2	20.8	134.8	77.5	11.5	101.1
5,6 月	15.5	31.3	28.5	277.6	75.5	13.5	111.6

7,8月	12.3	23	29.3	522.5	74	18	145.6
9,10月	15	31.5	26.6	167.4	73.5	9.5	147.5
11,12月	30	62	20.3	57.8	75.8	10.5	76.6

1. 以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與溫度的關係，以膝帶長喙天蛾為例。

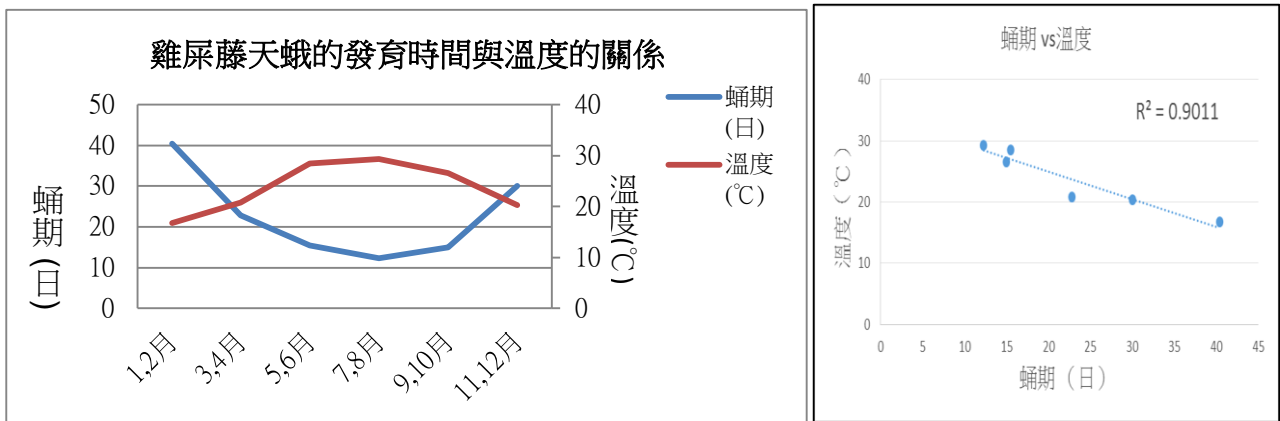


圖 12：(A) 天蛾發育時間與月均溫的關係圖

(B) 蛹期與溫度呈現明顯反比

研究結果：

- (1) 膝帶長喙天蛾發育時間與溫度(月均溫)有關，且呈現明顯反比的關係。
- (2) 月均溫越高，蛹期、生活史越短，發育速度越快；月均溫越低，發育速度越慢。

2. 以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與降水日數的關係，以膝帶長喙天蛾為例。

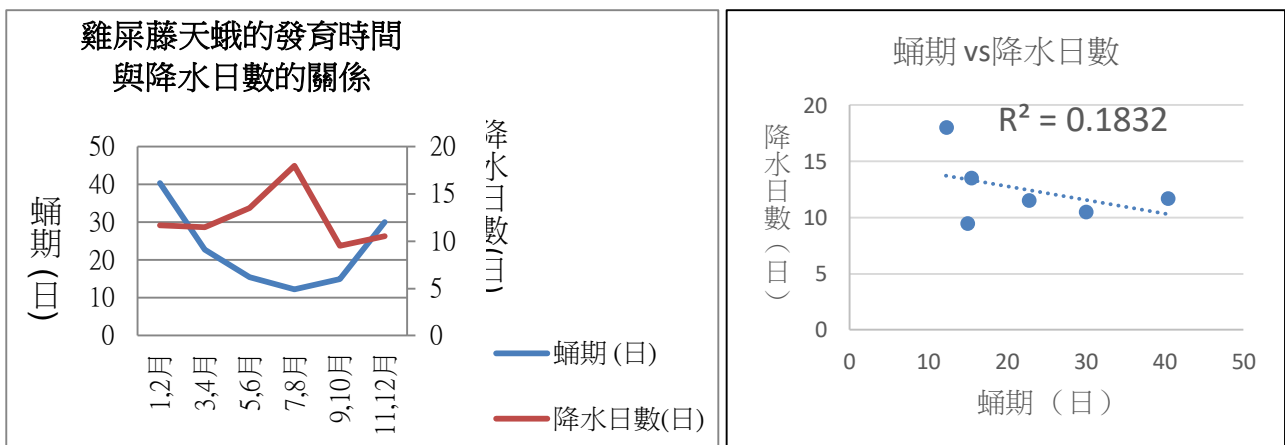


圖 13：(A) 天蛾發育時間與降水日數的關係圖

(B) 蛹期與降水日數關聯性低

研究結果：膝帶長喙天蛾發育時間與降水日數有關，但關聯性低。

3. 以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與雨量的關係，以膝帶長喙天蛾為例。

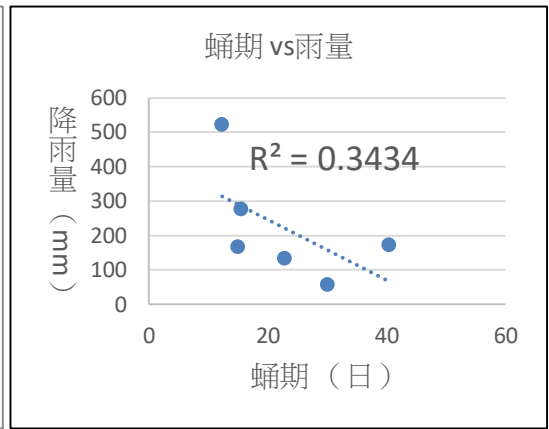
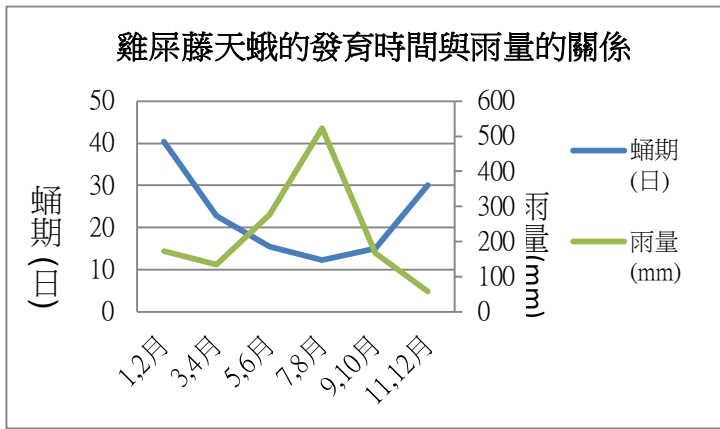


圖 14：(A) 天蛾發育時間與雨量的關係圖

(B) 蛹期與與雨量關聯性低

研究結果：膝帶長喙天蛾發育時間與雨量有關，但關聯性低。

4. 以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與相對濕度的關係，以膝帶長喙天蛾為例。

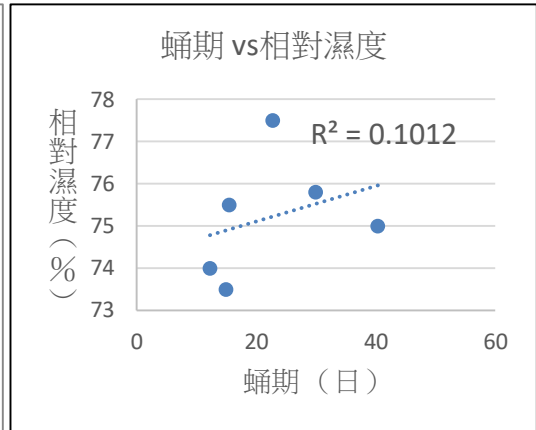
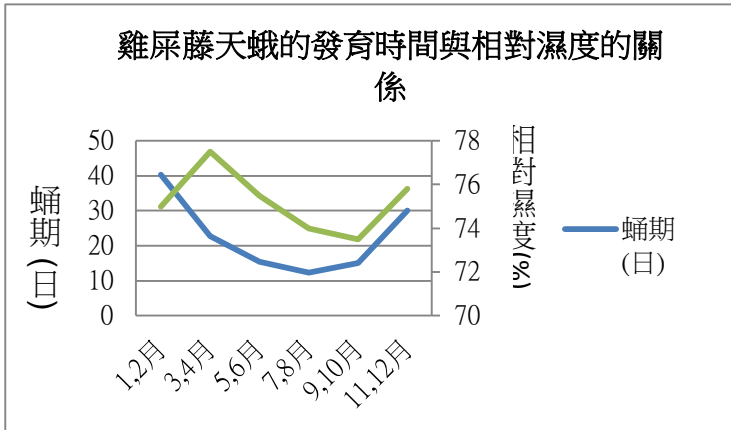


圖 15：(A) 天蛾發育時間與相對濕度的關係圖

(B) 蛹期與與雨量關聯性低

研究結果：膝帶長喙天蛾發育時間與相對濕度關聯性低。

5. 以雞屎藤為食草的天蛾的發育時間與日照時數的關係，以膝帶長喙天蛾為例。

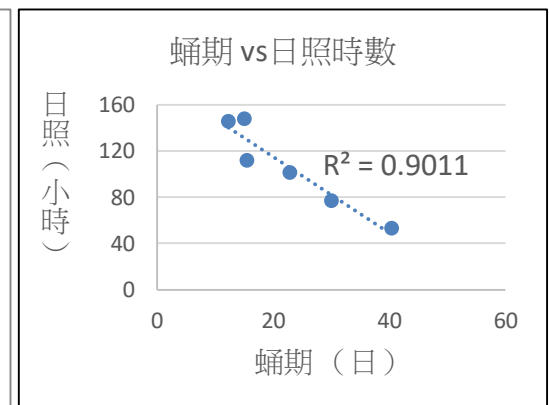
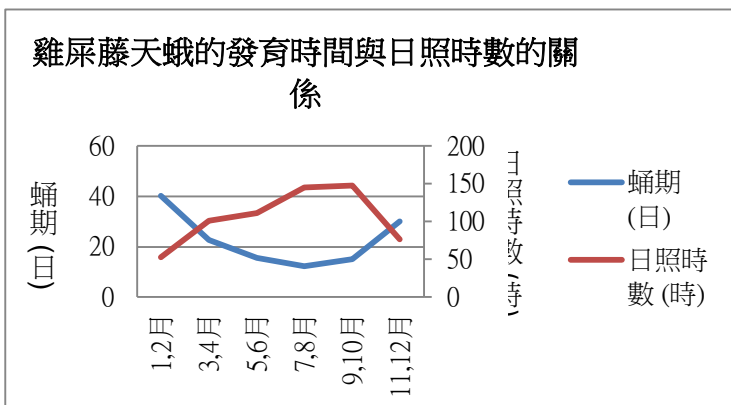


圖 16：(A) 天蛾發育時間與日照時數的關係圖

(B) 蛹期與與日照時數明顯呈反比關係

研究結果：

1. 膝帶長喙天蛾發育時間與日照時數有關，且呈反比關係。
2. 日照時數越多，蛹期、生活史越短，發育速度越快；反之，發育速度越慢。

四、探討以雞屎藤天蛾的寄生性天敵。

我們把在校園中雞屎藤上採集到的卵和幼蟲單隻放置於飼養盒內飼養，觀察並記錄其在生長的過程中，是否有被寄生的情形。飼養結果如圖 17：

(一) 以天蛾為寄主的寄生蜂/卵寄生

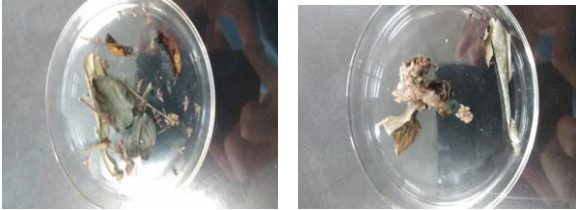
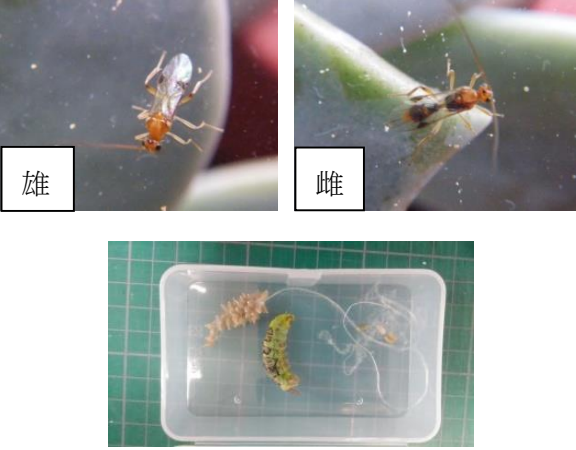

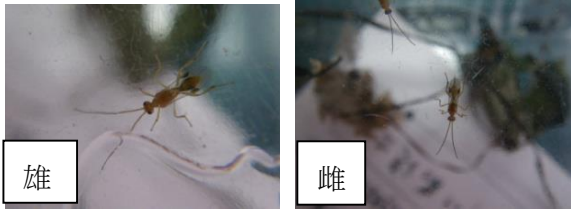


圖 17：以天蛾的卵為寄主的寄生蜂

寄生種類	外型	宿主
赤眼蜂	 <p>卵中白色是寄生蜂幼蟲，3~4 天變黑化蛹</p> <p>赤眼蜂正從卵中爬出</p> <p>卵中黑色是寄生蜂蛹</p> <p>赤眼蜂一穿出宿主，很快就交配</p> <p>卵寄生蜂鑽出卵、吸光卵中營養液，宿主(卵) 產生坍塌</p>	 <p>天蛾正常的卵</p>

(二) 以天蛾為寄主的寄生蜂/幼蟲寄生

圖 18：以天蛾的幼蟲為寄主的寄生蜂

寄生種類	外型	出現日期 蛹→成蟲	宿主	數量
懸繭蜂 1		103/11/26 ~12/5	 膝帶長喙天蛾	45
懸繭蜂 2 懸繭蜂 3 (混群) 重寄生		103/11/30 ~12/10	 膝帶長喙天蛾	50
懸繭蜂 3	 比懸繭蜂 2 體型較小，且腹部淡黃白色	103/11/30 ~12/12		25
懸繭蜂 4		104/1/2 ~1/14	 膝帶長喙天蛾	18

寄生種類	外型	出現日期 蛹→成蟲	宿主	數量
懸繭蜂 5		104/3/16 ~3/30	 膝帶長喙天蛾	23
懸繭蜂 6	 雄 雌	104/3/25 ~4/8	 黃斑長喙天蛾	42
懸繭蜂 7	 雄 雌	104/4/9 ~4/20	 膝帶長喙天蛾	31
懸繭蜂 8	 雄 雌	104/12/29 ~105/1/8	 膝帶長喙天蛾	83
寄生	外型	出現日期	宿主	數

種類		蛹→成蟲		量
懸繭蜂 9	 ☆此寄生蜂後來未形成繭堆，也未成功羽化為成蟲	104/12/15	 膝帶長喙天蛾	14
繭蜂 1	 	105/1/22 ~105/2/5	 膝帶長喙天蛾	1

(三) 以天蛾為寄主的寄生蜂/蛹寄生

圖 19：以天蛾的蛹為寄主的寄生蠅

寄生種類	外型	出現日期	宿主	數量
寄生蠅		蛹→成蟲 2/2 - 2/28	  天蛾蛹 膝帶長喙天蛾	1

由圖 18、圖 19 的內容中，我們發現：

- 每一隻被寄生的天蛾幼蟲中，寄生蜂的數量並不相同。

- 懸繭蜂的蛹期約 10~14 天，寄生蠅的蛹期約為 26 日。
- 天蛾從卵的階段就可能被卵寄生蜂寄生，幼蟲階段也可能被寄生蜂、寄生蠅寄生，也可能延長到蛹的階段。本研究中的幼蟲寄生蜂大部分是屬於懸繭蜂這一類的寄生蜂，但真正種名並不清楚；寄生蠅也遇到相同的狀況。
- 即使天蛾順利化蛹，還是有可能已經被寄生。我們觀察到1隻膝帶長喙天蛾在105年1月23日化蛹，卻發現牠還是被寄生蠅寄生，寄生蠅幼蟲在2月2日鑽出天蛾的蛹體在一旁化蛹，並於2月28日羽化為一隻寄生蠅。
- 上述之天蛾幼蟲為一隻膝帶長喙天蛾終齡幼蟲，採回後隔天發現其尾突附近有一小暗點，隔天便進入前蛹期。依資料顯示，推測此寄生蠅在此宿主蛹期之前~中期便已爬出宿主體外，等待羽化。
- 依據所調查的資料計算膝帶長喙天蛾幼蟲被寄生比率為： $(11 \div 116) \times 100\% \approx 9.48\%$

表 6：不同月份天蛾被寄生比率分析

調查月份(月)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	冬	春			夏			秋			冬	
數量(隻)	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	4
寄生比率(%)	18.18	9.09	9.09	9.09	9.09	0	0	0	0	0	9.09	36.36

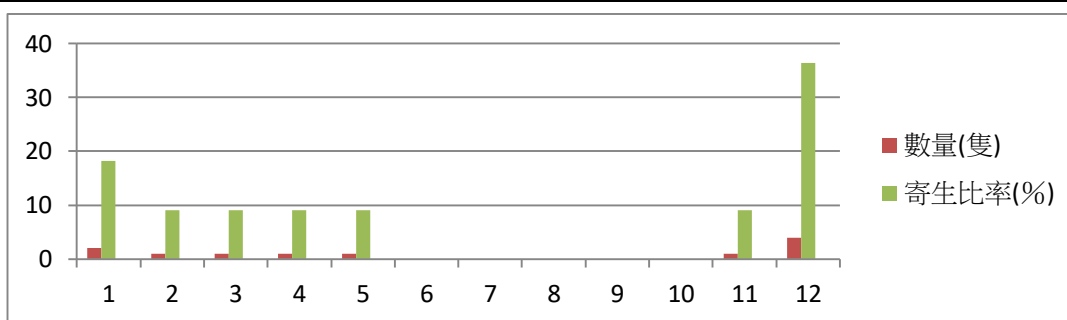


圖 20：不同月份校園天蛾幼蟲被寄生的比率

以調查月份分析天蛾幼蟲被寄生比率，我們發現12月份天蛾被寄生比率是最高的，4月份開始，由於天氣逐漸變熱，天蛾幼蟲被寄生的比率明顯降低，6~10月份採集到的蟲體都沒有發現被寄生的情形。推測寄生蜂繁殖的高峰期主要集中於較寒冷的冬季，可能是因為冬季出現的天蛾幼蟲蛹期較長，反而比較有機會被寄生蜂找到，成為被寄生的對象。

五、探討雞屎藤、雞屎藤天蛾與其寄生性天敵之關係，以及人為因素造成的影響。

(一) 照度對雞屎藤數量的影響

校園區塊	照度(千流明)	雞屎藤 (棵)	天蛾 (隻)	幼蟲被寄生數(隻)
南	14.77	3	16	0
東	16.25	6	31	1
中	25.45	16	28	3
西	29.5	29	57	4
北	31.95	26	63	4

表 7：雞屎藤校園區塊照度、雞屎藤數量、天蛾數量、幼蟲被寄生數量的關係

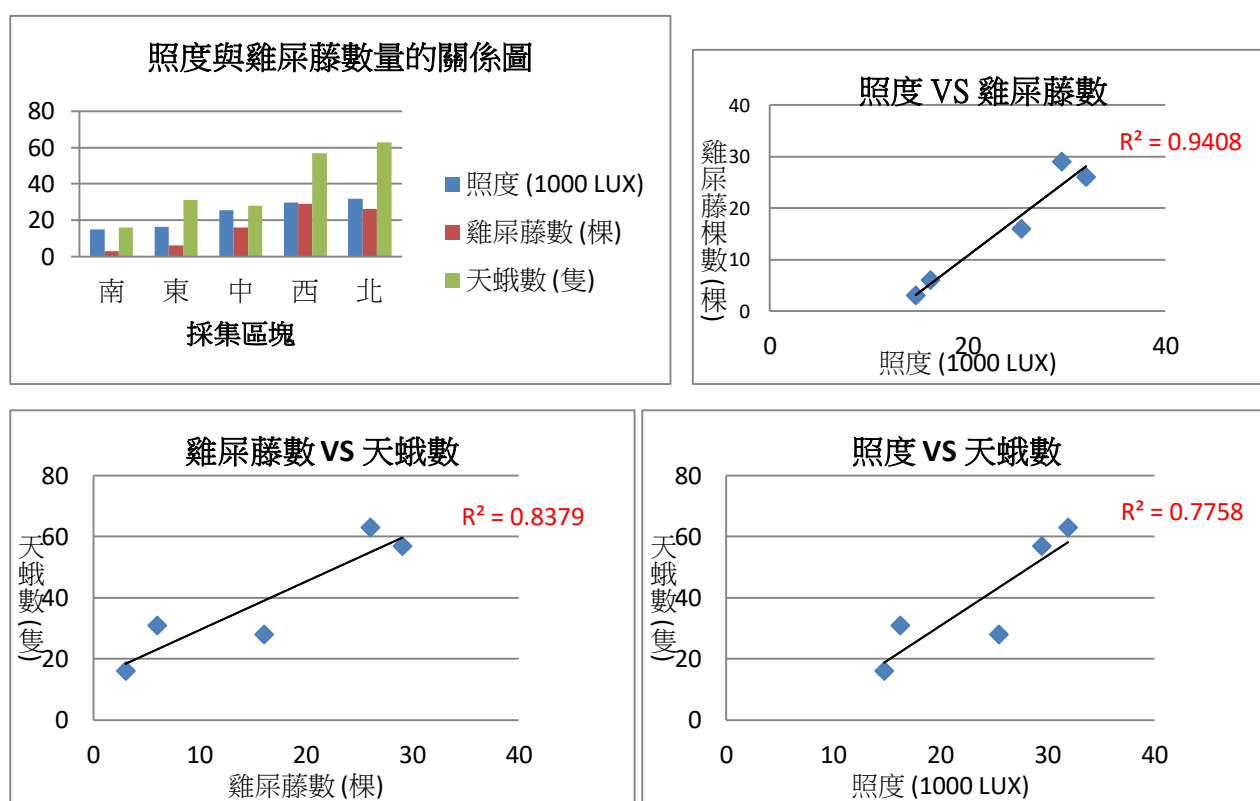


圖 21:(A)照度與雞屎藤、天蛾數量的關係圖

由表 7 與圖 21 的結果可以發現，在校園平均照度越高，陽光越充足的區域，雞屎藤數目越多，生長得越茂密，此結果應證植物圖鑑中所述，雞屎藤性喜強日照的特性。此外，雞屎藤生長茂密的地方，由於食草豐富，足以供應更多天蛾幼蟲食物來源，發現的幼蟲是量也較多，因此想找到更多天蛾的幼蟲，可以選擇陽光充足的校園角落來找尋。

(二) 人為因素對天蛾數量的影響

由表 8 的結果我們意外發現，夏、秋兩季原本應該是昆蟲大量繁殖的時期，校園調查卻顯示這段期間天蛾幼蟲數量較少，被寄生的數量也較少，明顯與昆蟲圖鑑的說明不符合。經深入探討後發現，這段期間剛好是學校大規模進行校園植物修剪、消毒，以及重要工程進行的時候，這些人為的因素，不但改變了校園的樣貌，竟也影響了存在於校園不起眼角落中的食物鏈關係，不知不覺當中，人類的行為已經對於自然生態平衡造成莫大的干擾。

表 8：人為因素與天蛾數量的變化關係

季節 (月)	春 (3~5)	夏 (6~8)	秋 (9~11)	冬 (12~2)	Total
天蛾總數(隻)	92	17	15	71	195
幼蟲被寄生數(隻)	4	1	0	7	12

人為因素	春 (3~5)	夏 (6~8)	秋 (9~11)	冬 (12~2)
修剪除草	2 月簡易修剪	校慶前大修剪	8 月除蟲、大修剪	11 月簡易修剪
學校工程	未進行工程	校園牆面整修工程		未進行工程

柒、討論

- 一、過去的研究指出雞屎藤的葉片含有硫化物的刺鼻臭味，可以吸引長喙天蛾吸食花蜜協助授粉並將卵產在葉片上，雞屎藤葉子也成為長喙天蛾幼蟲的主要食草，由於這種**互利共生**的關係，長喙天蛾屬於**窄食性**的蛾類。因此，我們這次的調查以雞屎藤上的天蛾為主，透過這次的調查，我們認識校園中以雞屎藤為食草的天蛾共有五種，分別是：膝帶長喙天蛾、黃斑長喙天蛾、平帶長喙天蛾、凹緣天蛾、三角凹緣天蛾。
- 二、尾突是天蛾寶寶最明顯的特徵。經過請教昆蟲系的專家教授後，推測尾突的功能應該具有**欺敵**的效果，讓天敵誤以為這裡是頭部，在攻擊時不會立即造成致命的危險。透過飼養、觀察，我們瞭解天蛾幼蟲體色變化具有一致性。由初齡期的綠色，逐漸變為終齡期的褐色系。因為天蛾幼蟲在發育的前期，大部分停留在綠色葉片上，綠色的身體跟綠葉的顏色相似，不容易被天敵發現。而天蛾終齡幼蟲會貼近土壤表面化蛹，並用自己的糞

便及周邊的植物枯葉覆蓋在表面，褐色的體色較不易被察覺。因此，天蛾幼蟲在各齡期體色的變化應該是**配合環境的背景顏色而改變**，具有**保護色**的效果。

三、我們一開始想瞭解天蛾幼蟲被寄生的狀況，牠們是在哪個成長階段被寄生的，是屬於卵寄生？幼蟲寄生？蛹寄生？還是成蟲寄生？我們從飼養觀察中發現：幼蟲寄生蜂在天蛾**幼蟲階段**就從牠們的身上爬出來，最後使這些天蛾幼蟲一命嗚呼哀哉！研究中也發現，有一隻寄生蠅在天蛾的幼蟲階段進入天蛾體內，然後在蛹的前期就鑽出來形成寄生蠅的圍繭了。若蟲卵被卵寄生蜂寄生了，就連孵化的機會都沒有了。這些研究結果告訴我們天蛾各階段發育期間都有專一的寄生昆蟲，這些**寄生昆蟲各有不同的產卵管構造、發育時間，以及體型的大小，才能配合天蛾的生活史，達到完美的寄生**。

四、研究過程中發現，寄生蜂與寄生蠅的資料很少，請教幾位專家後，仍然有一些無法辨認寄生物種的確切名稱，我們也正利用網路上昆蟲討論區請教廣大的網友們，希望能得到解答。

五、今年一月中下旬氣溫驟降，飼養的天蛾幼蟲出現**靜止狀態**，**生長發育停頓**，因此有生活史達**91天**之久的記錄。此外，一般採集到卵大多2~5天孵化，此次寒害也有2顆卵**11天**才孵化。可見**天蛾生長受溫度的影響很大**。

六、本調查研究時間超過一年，卻發現我們所記錄到的寄生蜂(尤其是幼蟲寄生蜂)時間，卻**獨缺夏、秋季出現**的記錄。反而是在**氣溫較低的冬季**，是天蛾們的寄生性天敵較多的時期；**或許是因為氣溫低時幼蟲生長期較長，被寄生的機會也跟著提高吧!**推估冬季的調查應可獲得「蛾多蜂多」之結論。

七、每年的寒暑假都是學校進行工程的時候，會搭設圍籬，限制人員的進出，因此限制了我們的調查工作，也可能對天蛾與其他昆蟲的活動造成干擾。夏天調查到的數量反而很少。是否為天蛾與寄生蜂夏季比較少的原因呢？建議有興趣的學弟妹未來在安全許可的前提下，可以特別針對**工程對於昆蟲活動**的影響進行更詳細的調查。

八、校園內的雞屎藤是多年生的常綠植物，全年都有，並沒有明顯的季節消長，我們的研究結果也發現，在校園**日照量**越強的地方，**雞屎藤**生長得越茂密，在上面發現**天蛾幼蟲**的

機會也越大。不過學校為了校園美觀，會不定時的修剪枝葉，這也直接影響到食草與天蛾的數量。因此，除了**季節**、**日照量**等自然因素之外，**校園景觀的維護**也是影響圍籬邊食物鏈重要的因素。

九、由於天蛾各階段的生活史都有特定的寄主，我們設想是否能利用**卵寄生蜂的特性**，繁殖卵寄生蜂再放出去寄生在害蟲的卵中，可以不用農藥，利用**生物防治法**進行有機農法的可能性。

十、經過本次的調查研究，我們注意到天蛾幼蟲與雞屎藤的關係密切，正是「生物與環境」之最佳見證。我們也認為四年級的自然課程「認識昆蟲」單元，不一定要養蠶寶寶，雞屎藤天蛾也是一個垂手可得的好選擇。

捌、結論

一、經一年多來的調查、飼養紀錄，將飼養出來的成蟲對照圖鑑及詢問專家後得知，本校校園取食雞屎藤的天蛾則有二種凹緣天蛾屬與三種長喙天蛾屬的天蛾，分別是**三角凹緣天蛾**、**凹緣天蛾**、**膝帶長喙天蛾**、**黃斑長喙天蛾**和**平帶長喙天蛾**，共**五種**天蛾。

二、天蛾其生活史屬**完全變態**：經由**卵→幼蟲→蛹→成蟲** 四個生長階段。如膝帶長喙天蛾生活史約45天、黃斑長喙天蛾生活史約41天。化蛹時僅在土表面**形成凹巢**，並不會鑽入土中，**此處與圖鑑上所寫不符**。

三、我們發現**膝帶長喙天蛾**：**蛹期 ÷ 生活史 = 1/2** 。

四、經由調查以雞屎藤為食草的天蛾在本校校園中的分布情形得知：**日照**充足的地方，**雞屎藤**長得好，找到**天蛾**幼蟲的數量也會較多。

五、天蛾的生活史長短(發育速度)與當時、當地的氣候條件有關，如氣溫、雨量、降雨日數、日照時間等皆有相關。**氣溫越高、雨量越多、降雨日數越多、日照時間越長**，蛹期越短；反之，越長。其中，又以**日照時數、溫度**對天蛾發育速度的影響最大。

六、天蛾的寄生性天敵，包括**卵寄生蜂**、**幼蟲寄生蜂**與**寄生蠅**，調查期間還出現了一次**雙重寄生**，也就是寄生蜂本身寄生天蛾蟲體，而自己同時也被其他種寄生蜂所寄生的現象，這場圍籬邊的食物鏈，真的是精彩又刺激呢！

- 七、調查時間內統計出天蛾被寄生的機率為 9.48%，可見天蛾被寄生的機率頗高；再加上如鳥類、螳螂這類的捕食性天敵的威脅，要歷經進行一場場飢餓遊戲方能順利生存下來，真是不容易！
- 八、飼養過程發現，天蛾本身體色的保護色、具欺敵效果的尾突及化蛹時充分隱蔽的裝飾，都是天蛾的生存策略。野外生長的天蛾化蛹時會在土表面形成凹巢(文獻中敘述是躲進土中)，也是保護自己的一種方式，大自然的生物包羅萬象，真是神奇！
- 九、植物相的改變，往往會直接影響當地的動物相，正如本研究中的雞屎藤與天蛾之間的關係一般。因此，當校方除草時，建議注意這方面的問題，不要一味的理植物平頭囉！
- 十、本研究歷經時間超過一年，這些資料得之不易。這一切都要感謝老師的鼓勵、社團的同學也參與幫忙養部分的幼蟲，否則光是每天幫忙換食草就人仰馬翻了！

玖、參考資料及其他

一、 雞屎藤

- (一) 台南縣本土教學資源網。取自：http://ltrc.tnc.edu.tw/modules/tadbook2/view.php?book_sn=&bdsn=563
- (二) 志凌數位學習網。取自：<http://www.yesgood.com.tw>

二、 天蛾

- (一) 嘎嘎昆蟲網。取自：http://gaga.biodiv.tw/new23/cp03_213.htm
- (二) 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會~以「蛾」傳「蛾」
- (三) 自然攝影中心 [Nature Campus](#)>自然觀察>昆蟲觀察>蛾
- (四) 李秀純、李美玲(2012.03)。幸福區的蛾。臺北市東湖國小。
- (五) 張永仁(1998.06)。昆蟲圖鑑。遠流。

三、 寄生蜂、寄生蠅

- (一) 取自：<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2006/ys1es/butterfly4-4.htm>
- (二) 昆蟲發育與生活史 web.nchu.edu.tw/pweb/users/kuomeihwa/lesson/59.rtf
- (六) 赤眼蜂 http://www.zwbk.org/zh-tw/Lemma_Show/154324.aspx

四、 其他：

中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyData/mD.htm>

【評語】 080309

能長期觀察校園環境生態（103/11-105/2）建立雞屎藤-天蛾-寄生蜂的食物鏈關係，實屬難能，值得嘉許。

唯目標與方法間鏈結，可再加強，如：研究主題在建立雞屎藤-天蛾-寄生蜂的食物鏈關係，卻花了些篇幅在談寄生蠅的議題，可再加強聚焦。學生應答與反應佳。